中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）46(2)：167～180（1997）

蝴蝶蘭花朵寒害後不同部位之老化、乙烯生成及電解質滲漏[1]

黃肇家[2]　潘美慧[2]　王自存[3]

摘要：本試驗探討蝴蝶蘭花朵發生寒害時，花朵之不同部位之老化、乙烯生成及電解質滲漏之變化。蝴蝶蘭花朵在 7°C 貯放10日會引發寒害，花朵加速老化，花朵各部位之老化順序不同，以蕊柱最早，其次爲子房與小花梗，而唇瓣、花瓣及花萼最慢。以切離並密封方式測定各個花朵部位之乙烯生成，所得之結果顯示蕊柱之乙烯生成最早開始上升，而且速率最高可達 40nl/g/hr ，子房、小花梗及唇瓣居中，花瓣及花萼之乙烯生長量則非常低。以直接密封方式測定完整花朵上不同部位之乙烯生成，所得之結果以小花梗之乙烯生成速率最高，蕊柱之乙烯生成速率僅 1.88nl/g/hr。然而當小花梗被切離後，其乙烯生成速率立即下降爲未切離時之1/3。以流通方式連續測定完整花朵上不同部位之乙烯生成，結果以包括花瓣及花萼在內之花被生成量最多，速率在第四日達到最高；蕊柱之生成速率不高，僅在第1.5日出現高峰。受寒害花朵在移至 20°C 後各部位之 ACC 氧化酶活性均明顯提高，蕊柱、子房及小花梗在第二日即開始增加，前二者且持續增加至第五日達到最高約 350nlC_2H_4/g/hr。唇瓣、花瓣及花萼至第四日後開始增加至第六日達到一較低之高峰。ACC 氧化酶活性之變化與各部位以切離方式測得之乙烯生成速率之變化相當吻合。花朵各部位之電解質滲漏於冷藏期間即開始增加，其中以蕊柱和小花梗之上升最多；移入 20°C 後蕊柱及其他部位之電解質滲漏均會下降，經二日後再度上升，唯有小花梗之電解質滲漏於移溫後不再下降，且一直升高。上述之結果顯示蝴蝶蘭花朵受到寒害時各部位之反應程度並不一致，蕊柱反應最早且最明顯，子房、小花梗與唇瓣居中，花瓣與花萼最慢。此結果亦顯示寒害蝴蝶蘭花朵之老化及乙烯生成可能是花朵各部位分工配合的結果，因爲蕊柱老化最早，其乙烯生成最早上升，速率亦最高，而且部位間有乙烯流通之現象，因此蝴蝶蘭花朵受寒害老化時，可能先由蕊柱產生乙烯先老化，再誘發其他部位如花瓣與花萼等產生乙烯並導致花朵最後之老化；此一現象與蝴蝶蘭花朵授粉引起之乙烯生成與花朵老化頗爲類似。

關鍵詞：蝴蝶蘭花朵、寒害、乙烯生成、ACC 氧化酶、電解質滲漏。

縮寫字：

ACC：1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid

ACO：ACC oxidase

CHI ：cycloheximide

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1898號。
2. 本所副研究員及約雇助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學園藝系副教授。臺北市。

FID ：flame ionization detector
TS-62：Phal.(Kochs Schneestern×Meridian) ‘B79-32’ ×Phal.(Kochs Schneestern×Meridan) ‘TS1’

前　　言

蝴蝶蘭（*Phalaenopsis spp.*）之栽培近年在我國蓬勃發展，是我國最具外銷潛力的蘭花之一[1]。由於蝴蝶蘭對低溫極爲敏感，是很適合研究寒害之材料。世界上對於切花寒害之研究不多，因爲切花採後處理之研究以溫帶地區較進步，溫帶切花較不易發生寒害。但是在臺灣有許多重要之新興切花是亞熱帶原產，寒害是一項需加注意之問題。

蝴蝶蘭花朵曾被報導在 12°C 放 3 日後即會有輕微之寒害[2]，黃等[4]發現在 10°C 放 7 日後會使切花瓶插壽命縮短。黃[3]最近之研究證實 7°C 貯放10日後會使花朵壽命大爲縮短外，尙有會促使乙烯急劇上升及異常的呼吸作用等生理反應，因此認爲是一種輕微但明確的寒害現象[20]。一般花朵是由幾個構造組織不相同的部位組成，尤其蘭花類之花朵是顯花植物中演化最先進的，每個部位都有其特別的功能[22]，因此在探討蝴蝶蘭花朵寒害之老化及乙烯生成時，須進一步探究花朵不同部位之變化。

關於花朵老化之研究，一般著重於細胞結構、組織成分或生理生化之變化[6,10]，對於花朵不同部位老化之報告較少，研究較多的是在花朵授粉或除雄，引發花瓣老化之現象。此現象被認爲是柱頭經授粉或創傷，產生乙烯先趨物 ACC，ACC 由柱頭傳送到花瓣使花瓣老化[6]。Nichols 曾報告康乃馨以外加乙烯處理會使花瓣老化內捲，授粉也有同樣的作用，柱頭於授粉後 3 小時乙烯即上升10倍，此時子房、花瓣等其他部位所生的乙烯仍非常低[14]。Nichols 等人進一步之研究指出授粉後 8 至24小時花瓣之 ACC 與乙烯才會上升，因此推測 ACC 是由柱頭產生傳送至花瓣後使花瓣乙烯上升[16]。Pech 等人指出授粉也使矮牽牛之花冠（corolla）往內凹陷（collapse），乙烯於授粉後 5 分鐘就上升，是最快的反應[19]。去除或以針刺傷柱頭也有相似的反應，這些作用都會促使花朵產生乙烯[9]。由於刺傷會先使柱頭 ACC 上升，然後其他部位才上升，這也顯示 ACC 之傳遞現象[17]。

在蘭花方面之研究亦有類似的現象，東亞蘭經授粉或乙烯處理後其唇瓣會轉紅[5]，Burg 和 Dijkman[7]報導萬代蘭授粉後花朵會早謝，乙烯生成於授粉後數小時以及40小時各有一個高峰，第一個高峰和唇瓣轉紅有關，而第二個高峰則和花瓣與花萼之萎凋有關[25]。這些作者也認爲乙烯或 ACC 是因蕊柱授粉而產生，再由柱頭傳送到花瓣，引起花瓣的老化[6]。東亞蘭去雄使唇瓣變色老化，也是因蕊柱受傷害產生乙烯與 ACC，傳到花朵其他部位引起老化[23,24,26]。近年 O'Neill 等人利用生物技術來分析蝴蝶蘭授粉後之反應，發現授粉使蕊柱及其他部位產生 ACC 合成酶及 ACC 氧化酶（ACO）之 mRNA，而花瓣並沒有 ACC 合成酶之 mRNA，需要由別處傳來之 ACC 才能誘發花瓣產生乙烯，因此花瓣的乙烯生成比別的部位慢[18]。Nadeau 等人進一步的研究顯示蝴蝶蘭授粉後蕊柱要有新的 mRNA 及蛋白質合成才會有 ACO 活性之提高，因此 ACO 應該是新合成的，其他部位的 ACO 也是一樣[12]。

由於受到寒害之蝴蝶蘭花朵於提早老化之同時會有乙烯生成之現象[3]，花朵各部位在此變化中所擔任之角色，目前尙不清楚。本研究旨在探討這種受寒害花朵於老化及乙烯生成時，各部位之反應是否與花朵授粉時相似，即是否有部位間之差異？以及一些基本生理反應是否有不同？

材料與方法

一、材料來源

本研究使用之材料爲取自臺灣糖業公司埔里大坪頂農場生產之‘TS-62’大白花蝴蝶蘭，切

花於 5 ～ 6 朵盛開後採收，取中間 3 ～ 4 朵，花朵單朵插於小試管中進行試驗。除另有註明之外，每處理以 6 朵為 6 重複。

二、低溫處理及花朵不同部位之老化

單朵蝴蝶蘭花朵分別經 15°C 及 7°C 貯藏 7 日或10日後，瓶插於 20°C±1°C 恆溫室中，定期調查花朵不同部位之品質，包括花瓣、花萼、唇瓣、蕊柱、子房、小花梗，給予評分，完全好者為10分，完全老化者為 0 分，介於兩者中間有明顯老化者為 5 分。

三、花朵不同部位之乙烯生成

㈠部位切離後密封測定

花朵於瓶插後定時取樣，切下蕊柱、子房、小花梗、花瓣、花萼、唇瓣。子房位於小花梗最上端，是小花梗的一部分，長度約0.8～1.0cm，可由色澤及外形判別。各部位切下稱重後切口以 10mM CHI 沾一下，以降低創傷生成乙烯之干擾，再分別以小試管或壓克力罐密封 2 小時後，抽取 1ml 氣體，以氣相色層分析儀（gas chromatograph, Shimadzu. 8AIF，column 充填 Porapak Q，以 FID 測定）測定試管內或罐內之乙烯濃度，換算為 nl/g/hr。

㈡部位不切離直接測定

1. 以密封方式測定

花朵於冷藏後第 5 日，將小花梗、蕊柱分別以切花用之小保鮮管密封。密封時，先將保鮮管專用之軟質蓋之洞口依蕊柱或小花梗之大小適當加大，小心套上小花梗或蕊柱（不能傷到花粉塊），再將保鮮管與蓋子密合。之後再將整朵花連同封好之 2 個保鮮管，放入一密封罐內密封起來，2 小時後測定小試管與密封罐中之乙烯濃度，換算為 nl/organ/hr，之後將蕊柱、小花梗切下稱重，計算單位重量之乙烯生成率 nl/g/hr。

另外於瓶插第 4 日，將小花梗依上述方法密封測定乙烯後，立即切下小花梗，放入小試管密封 2 小時再測乙烯，以比較不切離與切離之小花梗之乙烯生成率。

2. 以通氣方式測定

7°C 及 15°C 處理者各選 2 朵為 2 重複，花朵於貯藏後移入 20°C 中，小花梗（不包括子房）與蕊柱各以一小保鮮管密封，然後整朵花裝入一密封罐（同上述方法）。裝了花梗與蕊柱之小保鮮管各有一組通氣管貫穿裝花的密封罐，可將空氣自外界送入及送出（圖 1），裝花的密封罐亦有一組，因此共有 3 組通氣管，分別使空氣流經蕊柱、小花梗及含花瓣、花萼、唇瓣、子房等之「其他部位」。唯恐通氣管有漏氣，每組通氣管之入氣與出氣每小時測定流速，必須入氣與出氣相近似。

乙烯之測定採用不間斷吸收法以避免定期取樣造成疏漏。使用此法時，先使通氣管流出之氣體流經含過氯酸汞溶液之濕紙巾以吸收乙烯，定時取出紙巾，密封於小三角瓶內，打入氯化鋰溶液以釋出乙烯，再測定其中乙烯之濃度，換算成 nl/organ/hr，詳細方法請參考黃之報告[3]。

四、花朵不同部位 ACC 氧化酶之活性

測定 ACC 氧化酶之活性時，各部位之取樣如下：

花瓣：取一花瓣，以打孔器（直徑 7mm）均勻的打孔取 5 圓片。

花萼：取上萼片，同花瓣一樣取 5 圓片。

唇瓣：以同樣方法取唇瓣中央及兩側三角型突出處，共取 3 片。

蕊柱：切片成 6 片。

子房：全部切成 6 段。

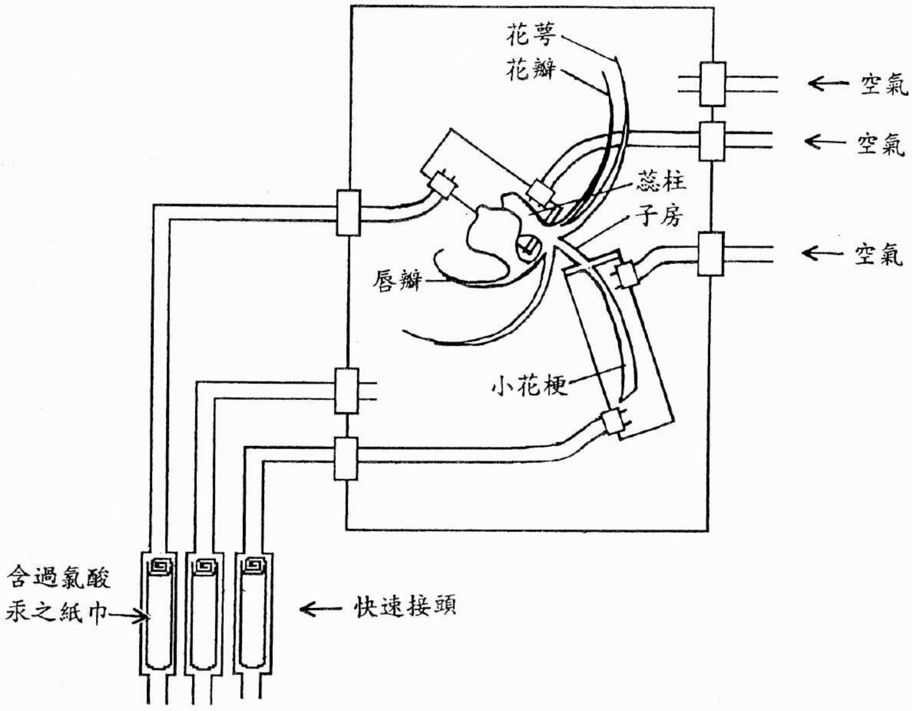

圖1. 以通氣方式測定蝴蝶蘭花朵各部位之乙烯生成之裝置簡示圖，測定部位分爲蕊柱、小花梗和包括花瓣、花萼、唇瓣、子房之「其他部位」等三個部分。

Fig. 1. Device for *in situ* measurement of ethylene production of column, pedicel and the remaining part of 'TS-62' *Phalaenopsis* floret. The remaining part reprepresents all parts other than column and pedicel.

小花梗：取中央區切成 6 小段。

各樣品切片切段後，稱重，浸入含 ACC 溶液之小試管內。溶液成份爲 1mM ACC，30 mM 抗壞血酸鈉，0.1M 硫酸鐵，1mM CHI。放入眞空玻璃罐中，減壓至1/2大氣壓，維持 1 分鐘後恢復 1 大氣壓，取出樣品，以紙巾大略吸乾後，各別放入小試管中，在 20°C 下密封 2 小時後，測乙烯濃度。

五、花朵不同部位電解質滲漏之測定

於貯藏前、貯藏期間、貯藏後取樣測定各部位之電解質滲漏值：

花瓣：取一瓣選中央區切小塊，5×5mm 大小，共25小塊。

花萼：同於花瓣。

唇瓣：取 1 個側面突起處，切成12片。

蕊柱：切成薄片，共 6 片。

子房：全部切成 6 小段。

小花梗：取中央部分約1.5公分，切成12小段。

將切好之材料浸於含 3.5ml 0.4M Manitol 之塑膠試管內，在 20°C 下浸漬20～24小時後

，以 Vortex 振盪一下，以電導度測定儀（Conductivity meter，廠牌：Radiometer Copenhagen，Model：CDM83）測得之電導度爲 ECa。移置－23°C 下冷凍隔夜，次日取出回溫至 20°C，再測電導度爲 ECb，算出電解質滲漏率 EC%＝ECa/ECb×100。

結　果

一、花朶不同部位外觀之老化

15°C貯藏之花朶在瓶插7日期間，各部位均維持在良好的狀況（圖2A），7°C冷藏者，瓶插時蕊柱老化最快，第三天開始快速老化，子房與小花梗略慢一些，花瓣、花萼、唇瓣最慢，於第4天開始輕微老化（圖2B）。子房和小花梗老化時只會褪色，不易由外觀明確判斷，唇瓣外觀之劣化也不易明確判斷。

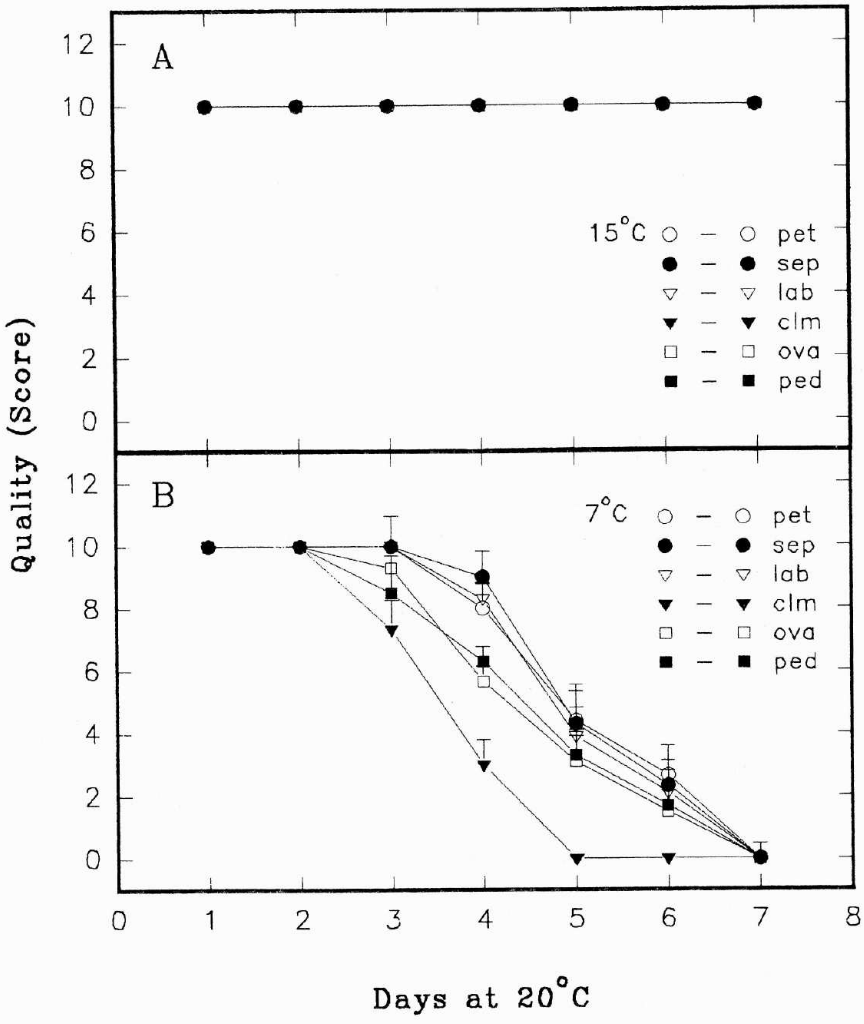

圖2. 'TS-62'蝴蝶蘭花朶經15°C與7°C貯藏10日後瓶插於20°C下，花朶各部位之品質變化，品質和鮮採相同者評分爲10分、完全老化者爲0分。

Fig. 2. Quality changes of differet parts of'TS-62'*Phalaenopsis* floret after storage at 15°C and 7°C for 10 days.
pet: petal, sep：sepal, lab: labellum, clm：column, ova: ovary, ped: pedicel. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

二、花朵不同部位之乙烯生成

(一)部位切離後密封測定

花朵於7°C冷藏10天後各部位之乙烯生成均較15°C貯藏者提高（表1），蕊柱最早產生乙烯，生成率也一直最高，在第5日達到最高點，乙烯生成率爲39.6nl／g／hr，之後逐漸下降。和蕊柱臨近的子房以及往下的花梗也都有不少的乙烯生成。花瓣與花萼也可以測出乙烯，其量最低，唇瓣則略多一些。15°C對照組各部位產生的乙烯均很低，到第7日突然劇升，尤其是蕊柱與子房，顯示有部分花朵已開始老化。

表1. 'TS-62'蝴蝶蘭花朵經15°C、7°C貯藏10日後於20°C瓶插期間花朵各部位切離密封2小時後之乙稀生成

Table 1. Ethylene production of detched parts of 'TS-62'*Phalaenopsis* floret in the vase at 20°C after storage at 15°C and 7°C for 10 days

Storage temp.	Flower parts[y]	Ethylene production (nl/g/hr) [z]							
		Days at 20°C							
		0	1	2	3	4	5	6	7
15°C	clm	0.09±0.13[x]	0.06±0.05	0.02±0.00	0.09±0.09	0.21±0.19	0.04±0.02	0.02±0.01	53.67±19.69
	ova	0.00±0.00	0.00±0.00	0.03±0.02	0.02±0.01	0.03±0.02	0.00±0.00	0.10±0.09	6.18±2.52
	ped	0.02±0.01	0.00±0.00	0.02±0.01	0.03±0.01	0.02±0.00	0.01±0.01	0.03±0.02	2.03±0.60
	pet	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.05±0.02	0.00±0.00	0.00±0.00	0.04±0.01	0.69±0.68
	sep	0.00±0.00	0.00±0.00	0.02±0.01	0.05±0.02	0.03±0.04	0.00±0.00	0.03±0.01	0.19±0.27
	lab	0.05±0.05	0.06±0.09	0.04±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.02±0.01	0.01±0.02	2.02±0.89
7°C	clm	1.16±0.41	3.09±2.80	8.43±7.16	20.91±5.37	18.06±10.92	39.61±18.77	17.77±13.69	13.08±10.70
	ova	0.08±0.06	1.04±0.69	0.27±0.18	1.99±1.34	0.44±0.40	3.26±1.98	1.10±0.30	1.32±0.81
	ped	0.58±0.24	1.75±0.09	0.76±0.34	1.39±0.54	2.47±0.81	2.85±1.67	2.70±0.70	1.11±0.46
	pet	0.00±0.00	0.06±0.06	0.02±0.01	0.13±0.05	0.14±0.06	0.26±0.17	0.32±0.04	0.80±0.25
	sep	0.00±0.00	0.20±0.01	0.04±0.01	0.15±0.01	0.16±0.06	0.35±0.07	0.44±0.07	0.87±0.45
	lab	0.08±0.06	0.00±0.00	0.70±0.04	0.70±0.23	0.31±0.17	1.48±0.64	0.77±0.37	1.28±0.48

[z] Ethylene production was measured after each part had been sealed for 2 hours.

[y] clm: column 蕊柱，ova: ovary 子房，ped: pedicel 小花梗，pet: petal 花瓣，sep: sepal 花萼，lab: labellum 唇瓣

[x] Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

(二)部位不切離直接測定

(1)以密封方式測定

花朵於7°C貯藏10天後，於瓶插第5日以密封方式直接在花朵上測定各部位之乙烯生成，結果如表二，蕊柱之乙烯生成率並不高，約1.88nl／g／hr，和包括花瓣、花萼、唇瓣、子房等「其他部位」之乙烯生成率（1.72nl／g／hr）相似（表2），反而以小花梗之乙烯生成速率最高。以整個部位之乙烯生成速率而言，因爲「其他部位」所佔之重量很高，其乙烯生成有8.28nl／g／hr，佔整朵花乙烯生成之73%左右。

表2. 'TS-62'蝴蝶蘭花朵經15°C、7°C貯藏10日後於20°C瓶插第5日花朵不同部位不切離密封2小時之乙烯生成

Table 2. Ethylene production of different parts of intact 'TS-62' *Phalaenopsis* floret on the 5th day after removal into 20°C from storage at 15°C or 7°C for 10 days

Storage temp.	Flower parts[y]	Ethylene production[z]	
		nl/g/hr	nl/organ/hr
15°C	clm	0.16±0.09[x]	0.03±0.01[x]
	ped	0.19±0.014	0.08±0.05
	oths	0.00±0.00	0.00±0.00
7°C	clm	1.88±0.45	0.29±0.03
	ped	6.96±1.79	2.77±0.37
	oths	1.72±0.32	8.28±0.66

[z] All the parts were kept attached to the floret. Ethylene production was measured after each part had been sealed for 2 hours.

[y] Clm : Column, ped: pedicel, oths: the remaining parts other than column and pedicel.

[x] Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

於7°C貯藏10天後之花朵，於瓶插第4日，以密封法測得不切離小花梗之乙烯生成約爲0.61nl/g/hr，立即切離後再密封測定，則乙烯生成下降爲未切離時之1/3（表3），顯示切離會降低乙烯之測定值。

表3. 'TS-62'蝴蝶蘭花朵經15°C、7°C貯藏10日後於20°C瓶插第4日小花梗不切離與切離之乙烯生成率

Table 3. Ethylene production of pedicel attached to or detached from 'TS-62' *Phalaenopsis* floret on the 4th day after removal into 20°C from storage at 15°C or 7°C for 10 days

Storage temp.	Treatment	Ethylene production[z] (nl/organ/hr)
15°C	attached	0.01±0.01[y]
	detached	0.00±0.00
7°C	attached	0.61±0.17
	detached	0.22±0.11

[z] Ethylene production was measured after the pedicel had been sealed for 2 hours.

[y] Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

(2)以通氣方式測定

以通氣系統連續測定花朵各部位之乙烯生成速率，並記錄其老化情形，結果如圖3，15°C貯藏之花朵在觀察期間並無任何老化之跡象，也只產生很微量的乙烯。7°C貯藏之花朵於第4日明顯開始老化，且於第2日開始有乙烯之上升，於第4日到達高峰，其中以「其他部位」產生量最高（圖3）。蕊柱體積小，產生乙烯不多，但於貯藏後1.5日有明顯的乙烯上升。

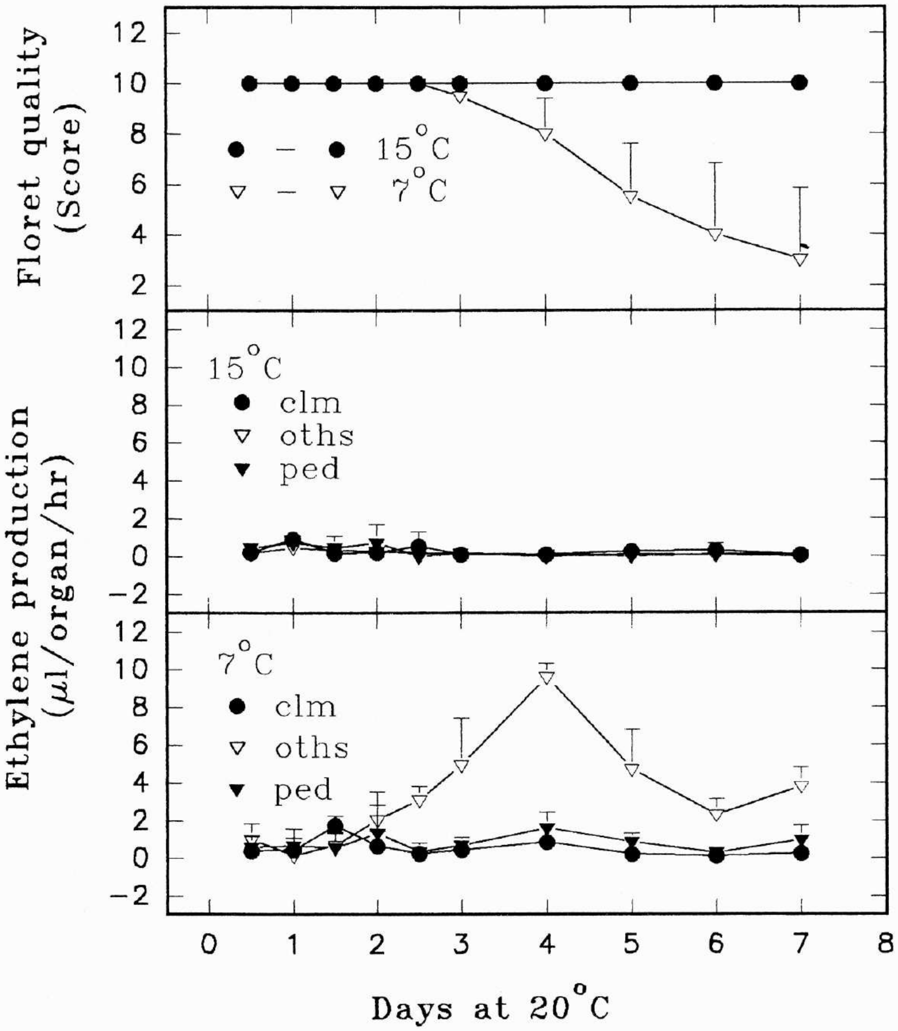

圖3. 'TS-62'蝴蝶蘭花朵經15°C與7°C貯藏10日後蕊柱、小花梗和包括花瓣、花萼、唇瓣、子房等「其他部位」不切離測得之乙烯生成。

Fig. 3. *In situ* ethylene production of column, pedicel and the remaining part of 'TS-62' *Phalaenopsis* floret after storage at 15°C and 7°C for 10 days.
Oths represents the remaining parts other than column and pedicel. Each datum represents the average of 2 replications with standard error.

三、花朵不同部位 ACC 氧化酶（ACO）之活性

經7°C貯藏之花朵，所有部位之 ACO 活性均比15°C高很多（圖4）。經15°C貯藏之花朵其 ACO 活性最高之部位是蕊柱，也只有24 nl／g／hr，其他部位均低於5 nl／g／hr。而經7°C貯藏之花朵，其 ACO 活性最高之部位爲蕊柱與子房，高達350 nl／g／hr，最低之部位是花瓣與花萼，也可高到40 nl／g／hr，表示7°C低溫處理會誘發花朵各部位大量之 ACO 活性。

7°C貯藏者以蕊柱、子房之 ACO 上升最早也最高（圖4B），小花梗之 ACO 活性很早就上升，但活性和唇瓣一樣居於蕊柱和花瓣之間。花瓣和花萼之 ACO 活性則最低。花瓣和花萼之 ACO 活性雖然較低，但是如果有足夠的 ACO 仍可催化產生25～50 nl／g／hr 的乙烯（圖4B），而寒害花朵

之花瓣或花萼實際之乙烯生成均在1 nl／g／hr 以下，由此可知花瓣乙烯生成率偏低，ACO 可能不是限制因子。

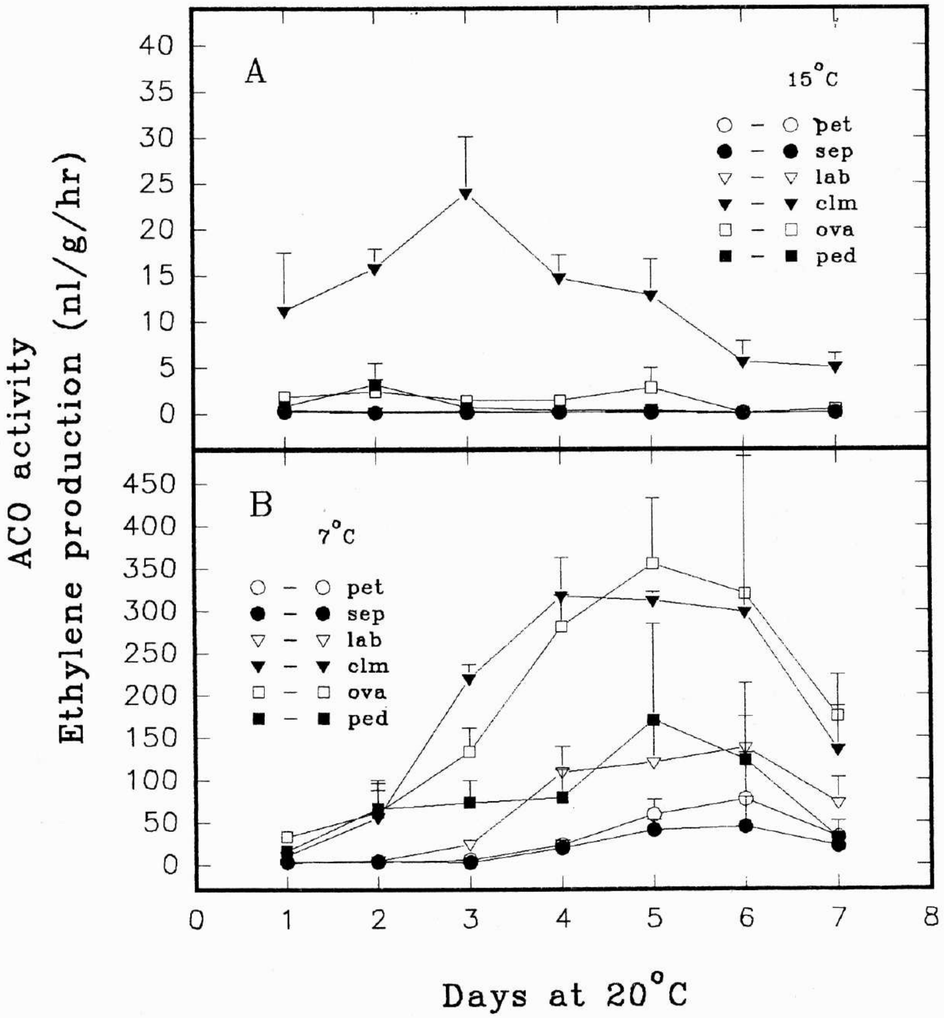

圖4. 'TS-62'蝴蝶蘭花朵經15°C與7°C貯藏10日後瓶插時花朵各部位 ACC 氧化酶之活性。

Fig. 4. ACO activity of different parts of 'TS-62' *Phalaenopsis* floret after storage at 15°C and 7°C for 10 days.
pet: petal, sep: sepal, lab: labellum, clm: column, ova: ovary, ped: pedicel. Each datum represents the average of 6 replications with standard error.

四、花朵不同部位之電解質滲漏

花朵各部位之電解質滲漏值於7°C冷藏期間即開始提高，冷藏第10日，蕊心柱和小花梗之滲漏均已高到50%以上（圖5）。移溫20°C後有部位（如蕊柱）開始下降，有些部位（花瓣、花萼、唇瓣）則於移溫1日後下降，這些部位於2日後又上升（圖5）。小花梗之電解質滲漏值在冷藏期間可提高到60%左右，在移溫後並沒有下降，且一直維持在很高的狀態（圖5），顯示小花梗可能受到的傷害很大。

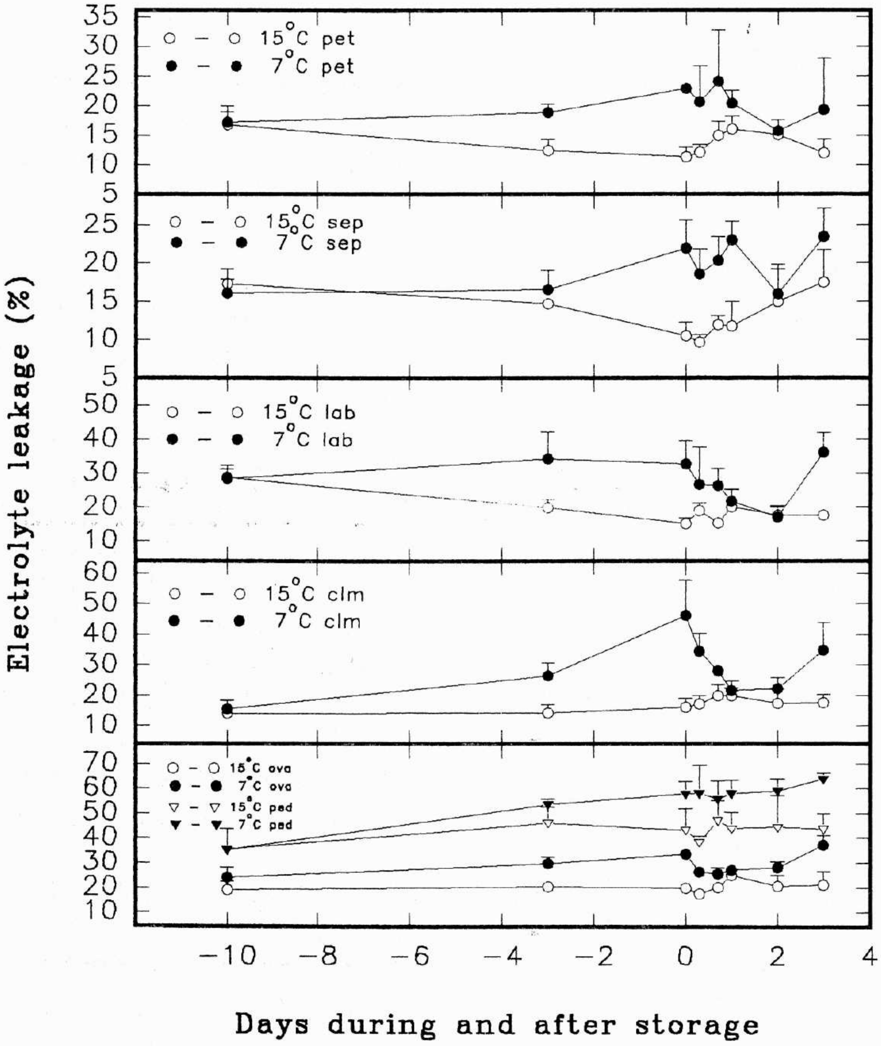

圖5. 'TS-62' 蝴蝶蘭花朵於15°C與7°C10日貯藏期間及瓶插時花朵各部位之電解質滲漏情形。日數負值表示在冷藏中，0天表示自冷藏庫移到20°C之日。

Fig. 5. Electrolyte leakage of different portions of 'TS-62' *Phalaenopsis* floret after storage at 15°C and 7°C for 10 days. Negative days means during cold storage, 0 day means removal from cold storage into 20°C
pet: petal, sep: sapal, lab: labellum, clm: column, ova: ovary, ped: pedicel. Each datum represents the average of 6replications with standard error.

冷藏期間電解質滲漏之測定常於出庫後立即測定，剛出庫之材料溫度低，但應該不會影響測定值，因爲出庫後0.3日、0.7日之材料是已回溫之測定值，此和0日（剛出庫低溫）之電解質滲漏值非常相近，因此冷藏期間取樣測定之數值應是可靠的。

討　論

綜合本研究之結果，顯示受到寒害之蝴蝶蘭花朵提早老化時，花朵各部位之老化速率並不一致。以蕊柱之老化速率最快，於冷藏後第3日開始至第5日即完全老化；花瓣、花萼之老化速率最慢，於第

4日才開始；子房和小花梗則居中(圖1）。康乃馨花朵在授粉後會使花瓣產生乙烯及老化[16]，花瓣受到外加乙烯而萎凋時，子房跟著膨大[13]，花瓣中的許多養分流到子房，供子房發育[15]。蝴蝶蘭花朵授粉後，花瓣乾縮時，子房也跟著膨大，授粉產生的乙烯是促使子房發育之重要條件[27]。顯然授粉後花瓣老化和子房發育成爲一種供需之現象。但是受到寒害之蝴蝶蘭花朵老化時，花瓣並不會乾縮，而是垂軟後水浸斑擴大，以至腐爛；柱頭、子房也不會膨大，而是黃化程度不斷加深，以至成爲深褐色。因此寒害花朵之老化雖然也是從蕊柱開始，但內在之反應和授粉花朵之老化應該不相同。

受到寒害之蝴蝶蘭花朵不同部位之乙烯生成，由測定方法不同，所得結果不一樣。以切離法測定，顯示蕊柱是反應最快、最強烈之部位（表1）。但以不切離法測得蕊柱之乙烯生成並不高，和花瓣等其他部位相同（表2）。以部位乙烯生成量而言，含花瓣之「其他部位」生產之乙烯遠比蕊柱高（表2、圖3）。小花梗則相反，切離後測得之乙烯生成不高，而不切離則很高（各爲2.85、6.96nl／g／hr表1、表2）；由同一朵花之小花梗在切離前與切離後分別測定其乙烯生成速率，發現切離會使乙烯下降3倍（表3），顯示切離可能會使乙烯逸失，也表示未切離時所測得之乙烯或其前趨物 ACC 可能來自其他部位。此亦說明不切離之蕊柱測得之低乙烯生成，可能是蕊柱之乙烯或其前趨物 ACC 流到「其他部位」去了。同樣的，Woltering[23]測得東亞蘭花朵切離之蕊柱有很高的乙烯生成速率（4.0 nl／g／hr），不切離則變得很低（0.4 nl／g／hr），而其他部位則相反，於切離時很低而未切離則很高。O'Neill[18]亦曾報導授粉之蝴蝶蘭花朵整朵測得之乙烯比各部位切離測定之總和爲高，說明切離使乙烯逸失之可能性。Woltering[23]將具放射性標示之 ACC 加於東亞蘭花朵之柱頭，可以在花瓣測得具放射性之乙烯，而且花柱以外之部位產生之乙烯較花柱爲高，說明花朵部位間 ACC 或乙烯流通之現象，以及乙烯自蕊柱以外部位釋放之量較多之原因。ACC 和乙烯在花朵不同部位間流通是很平常的情況[6]，因此以切離和不切離方式測得花朵部位之乙烯生成並不一致是可以解釋的。由切離方式所測得之結果顯示各部位本身所具有之乙烯生成能力；由不切離方式所測得之結果則顯示各部位在自然、正常情況下之乙烯生成。本結果也顯示蝴蝶蘭花朵在受到低溫逆境後之乙烯生成可能是花朵各部位互相分工配合之結果，很可能乙烯或其前趨物 ACC 主要先由蕊柱生成，再向其他部位移送，經由各個部位之 ACO 轉化成爲乙烯。

由電解質滲漏測定之結果，顯示在冷藏期間花朵各部位之電解質滲漏均已提高，於冷藏第7日即很顯著，表示花朵在冷藏期間各部位均已受到傷害。冷藏後瓶插之1～2日間，除小花梗外，電解質滲漏均會下降。從早期之試驗得知，7°C冷藏後有些花瓣產生之水浸傷害，在瓶插後2～3日間會消失，表示這些冷藏間受傷之花瓣，在移溫後可能有修補之作用。在本研究中各部位之電解質滲漏在移溫後會下降，很可能表示這些部位組織在進行膜的修補工作。瓶插2日後電解質滲漏又快速上升，表示這些部位可能開始老化。小花梗冷藏後電解質滲漏一直沒有下降，可能意味這個部位於移溫時已沒有修補膜的能力了。移溫後各部位電解質滲漏下降，表示膜有趨於正常之作用，或許可依此作爲寒害是否可逆之參考。

蝴蝶蘭花朵之電解質滲漏在冷藏期間已經開始增加，這和測定玫瑰花瓣膜之微黏性反應在低溫下已產生變化之現象相同[8,21]。蝴蝶蘭花朵在5至15°C低溫貯放10日間乙烯生成均低於測定範圍（資料未附），乙烯生成大都於移溫後才出現（表1），因此電解質滲漏是蝴蝶蘭花朵低溫傷害最快顯現的反應，此和 Mayak 和 Faragher[11]認爲膜的變化是低溫促進老化之原始點，乙烯是後來才發生的論點相似。

蝴蝶蘭花朵在受到寒害後，其 ACO 活性會明顯增加，幅度達數十倍以上（圖4），是一項很明顯的變化。花瓣和花萼的增加幅度雖是最低，但如果有足夠的 ACC 供應，仍可催化產生25-50 nl／g／hr 之乙烯，此可以說明不切離之花瓣及花萼（其他部份）之乙烯生成量是整朵中最高的部位。由 ACO 活性之大小，可看出各部位中反應最快，變化最大的是蕊柱及子房；反應最慢，變化最小的是

花瓣和花萼；唇瓣和小花梗居中（圖 4），此結果和各部位外觀老化及切離法測得乙烯生成之變化順序相類似（圖 2）。由於從外觀判斷部位老化有些部位之老化不易明辨，因此由 ACO 活性變化來確定寒害花朵不同部位之反應是較爲確定之方法。再由電解質滲漏之測定結果，顯示蕊柱和小花梗是滲漏最大之處，花瓣與花萼最低。綜合這些結果似可確定蕊柱可能是蝴蝶蘭花朵發生寒害時反應最快最強烈之部位，花瓣及花萼則反應最慢變化最小，唇瓣居中，而子房與小花梗之變化在某些方面如 ACO 活性，或電解質滲漏亦很強烈。

誌 謝

本研究爲第一作者博士論文之一部分，本研究部分經費承蒙行政院農業委員會計劃補助（83科技-2.2-糧-32），謹此致謝。

引用文獻

1. 李 哖。1988。蝴蝶蘭之生長與開花生理。蘭花生產改進研討會專集。21-32頁。臺東區農業改良場編印。
2. 林雨森。1988。蝴蝶蘭切花採收後生理與老化。國立臺灣大學園藝研究所碩士論文。
3. 黃肇家。1995。蝴蝶蘭切花低溫生理障礙之研究。國立臺灣大學園藝研究所博士論文。
4. 黃肇家、林學正、王怡玎。1988。改善蝴蝶蘭切花採收後品質之研究。蘭花生產改進研討會專集。33-40頁。臺東區農業改良場編印。
5. Arditti, J., N. M. Hogan, and A. Chadwick, 1973. Post-pollination phenomena in orchod flowers, IV. Effects of ethylene. Amer. J. Bot. 60:883-888
6. Borochov, A, and W. R. Woodson, 1989. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. Hort. Rev. 11:16-43
7. Burg, S. P., and M. J. Dijkman, 1967. Ethylene and auxin participation in pollen induced fading of vanda orchid blossoms. Plant Physiol. 42:1648-1650.
8. Faragher, T. D., E. Wactel. and S. Mayak, 1987. Changes in the physical state of membrane lipids during senescence of rose petals. Plant Physiol. 83:1037-1042.
9. Gilissen, L. J. W. and F. A. Hoekstra, 1984. Pollination-induced corolla wilting in *Petunia hybrida* rapid transfer through the style of a wilting-inducing substance. Plant Physiol. 75:496-498.
10. Halevy, A. H. 1986. Flower senescence. pp. 142-161. In:Lesham, Y., A. H. Halevy, and C. Frenkel (eds). Process and Control of Plant Senescence. Elsevier Science Publisher. Amsterdam. The Netherlands.
11. Mayak, S. and J. D. Faragher, 1986. Storage environment related stresses and flowers senescence, Acta Hort. 181:33-43.
12. Nadeau, J. A., X. S. Zhang, H. Nair, and S. D. O'Neill, 1993. Temporal and spatial regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase in the pollination-induced senescence of orchid flower. Plant Physiol. 103:31-39.
13. Nichols, R. 1976. Cell enlargement and sugar accumulation in the gynoecicm of glasshouse carnation (*Dianthus caryophyllas* L.) induced by ethylene. Planta. 130:47-52.
14. Nichols, R., 1977. Sites of ethylene production in the pollinated and unpollinated senescing carnation (*Dianthus caryophyllus)*inflorescence. Planta 135:155-159.
15. Nichols, R. and L. C. Ho, 1975. An effect of ethylene on the distribution of 14 C-sucrose from the petals to other parts in the senescent inflorescence of *Dianthus Caryophyllus*. Ann. Bot. 39:433-438.
16. Nichols, R., G. Bufler, Y. Nor, D. W. Fujino, and M. S. Reid, 1983. Changes in ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content of pollinated carnation flowers, J. Plant Growth Regul. 2:1-8.

17. Nichols, R. and C. E. Frost, 1985. Wound-induced production of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and accelerated senescence of petunia corollas. Scientia Hortic. 26:47-55.

18. O'Neill, S. D., J. A. Nadeau, X. S. Zhang, A. Q. Bui, and A. H. Halevy, 1993. Interorgan regulation of ethylene biosynthetic genes by pollination. The Plant Cell. 5:419-432.

19. Pech, J.C., A. Latche, C. Larrigaudiere, and M. S. Reid, 1987. Control of early ethylene synthesis in pollinated petunia flowers. Plant Biochem. 25:431-437.

20. Saltveit, M. E. and L. L. Morris, 1990. Overiew on chilling injury of horticultural crops. pp. 1~15. In: C. Y. Wang(ed). Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Inc. Florida.

21. Suttle, J. C. and M. Kende. 1980. Ethylene action and lose of membrane integrity during petal senesence in Tradescantia. Plant Physiol. 65:1067-1072.

22. Withner, C. L., P. K. Nelson, and P. J. Wejksnora, 1974. The anatomy of orchids. pp. 267-347. In: Withner, C. L.(ed). The Orchids Scientific Studies. John Wiley and Sons

23. Woltering, E. J. 1990. Interorgan translocation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and ethylene coordinates senescence in emasculated cymbidium flowers. Plant Physiol. 92:837-854.

24. Woltering, E. J., and F. Harren, 1989. Role of rostellum desiccation in emasculation-induced phenomena in orchid flowers. J. of Expt. Botany. 40:907-912.

25. Woltering, E. J., F. Harren, and H. A. M. Boerrigter, 1988. Use of a laser-driven photoacoustic detection system for measurement of ethylene production in cymbidium flowers. Plant Physiol. 88:506-510.

26. Woltering, E. J., H. Overbeesk, and F. Marren, 1991. Ethylene and ACC:Mobile wilting factors in flowers. Acta Hort. 298:47-59.

27. Zhang. X. S., and S. D. O'Nell. 1993. Ovary and gametophyte development are coordinately regulated by auxin and ethylene following pollination. The Plant Cell. 5:403-418.

Senescence, Ethylene Production and Electrolyte Leakage of Different Parts of Chilled *Phalaenopsis* Flower[1]

Chao-Chia Huang[2], Mei-Hwei Pan[2] and Tsu-Tsuen Wang[3]

Summary

This study investigates the senescence, ethylene production and eletrolyte leakage of different parts of chilled *Phalaenopsis* flower, The vase life of *Phalaenopsis* flower was reduced to halve after being stored at 7°C for 10 days. Symptoms of senescence first appeared on the column, followed by ovary and pedicel; while petal, sepal and labellum were the lowest. Ethylene production from each flower parts were measured from either excised flower parts or intact flower. A visible and rapid increase in ethylene production was observed in excised column. Its ethylene production rate peaked on the 5th day with value near 40 nl/g/hr. Ovary, pedicel and labellum were about one tenth of that of the column, and excised sepal and petal produced almost no ethylene. When ethylene production rate was measured by sealing intact flower parts directly, the highest ethylene produciton rate was observed with the pedicel, and the column produced very small amount of ethylene at 1.88 nl/g/hr. However, the ethylene production rate was reduced to one third when the pedicel was excised right after the above measurement. Ethylene production from intact flower parts were also monitored by using a flow-through system. Flower parts including petal, sepal, ovary and labellum all together were the major site of ethylene production, which began to increase on the 2nd day and reached a peak on the 4th day, coincide with the fading of perianth. Marked increases in ACC oxidase activity were observed in all flower parts after chilling treatment. In column, ovary and pedicel, ACC oxidase activity started to increase on the 2nd day and the former two continued until the 5th day, reaching a peak value of 350 nlC_2H_4/g/hr. In labellum, petal and sepal, ACC oxidase started to increase after 3 days and reached a smaller peak on the 6th day. Changes in ACC oxidase activity marthes well with the changes in ethylene production in excised flower parts. Increase in electrolyte leakage were observed in all flower parts during cold storage with the column and pedicel increased most. Except the pedicel, all other flower parts showed decrease in eletrolyte leakage upon removal from cold but increased again after 2 days. Our results indicated that each flower part responded differently toward chilling treatment. The column seemed to be the most sensitive part in response to chilling stress, while the ovary, the pedicel and the labellum followed, with the petal and the sepal being the slowest to respond. Our result also suggested that the chilling induced ethylene production and senescence in *Phalaenopsis* flower might be the result of cooperation of different flower parts, similar to that of pollination. Ethylene biosynthesis was rapidly induced in the column after chillig treatment. The ethylene or ACC formed in the column may induce ethylene production in other flower parts such as petal and sepal, and resulted in the eventual senescence of the flower.

Key words : *Phalaenopsis* flower, Chilling injury, Ethylene production, ACC oxidase, Electrolyte leakage.

---

1. Contribution No.1898 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by grants from Council of Agriculture, Executive Yan, ROC.
2. Respectively, Associate Researcher, Project Assistant, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Professor, Department of Horticulture, National Taiwan University.